

# Research on the teaching mode reform of safety engineering under the background of digital intelligence transformation—Take railway engineering as an example

Yuqian Zeng

Hope college of southwestjiaotonguniversity, Chengdu, Sichuan, 61000, China

## Abstract

this research takes “BIM Technology”, “intelligent construction technology”, “big data and artificial intelligence” and other technologies as the core to build a digital intelligent teaching system covering teaching plan, curriculum standards, curriculum content and teaching evaluation. This topic combines the three elements of the school’s talent training program, the characteristics of science and engineering courses, and “digital intelligence”, fully excavates the digital intelligence technology in the teaching process of safety engineering course in Colleges and universities, and explores the collaborative education mode of digital intelligence technology and safety engineering course, so as to provide theoretical support and practical path for the cultivation of high-quality talents meeting the needs of intelligent development in the railway industry.

## Keywords

digital intelligence transformation; Safety engineering; Railway Engineering; BIM Technology

# 数智化转型背景下《安全工程》课程教学模式改革研究——以铁道工程专业为例

曾宇茜

西南交通大学希望学院, 中国·四川成都 61000

## 摘要

本研究以“BIM技术”“智能建造技术”“大数据与人工智能”等技术为核心,构建覆盖教学计划、课程标准、课程内容、教学评价的数智化教学体系。本课题结合学校人才培养方案、理工科课程特点、“数智化”这三个元素,充分挖掘高校在《安全工程》课程授课过程中的数智化技术,探究数智化技术和《安全工程》课程的协同育人方式,为铁路行业培养符合智能化发展需求的高素质人才提供理论支撑与实践路径。

## 关键词

数智化转型; 安全工程; 铁道工程; BIM技术

## 1 引言

当前,全球正经历数字智能转型浪潮,人工智能、大数据、物联网等技术深刻改变着工程领域的技术范式与组织模式。我国铁路行业作为国家战略性基础设施,已率先开启智能铁路建设进程。例如,京张高铁通过BIM技术实现全生命周期数字化管理,京雄城际铁路应用智能建造技术提升施工效率与质量<sup>[1]</sup>。然而,高校铁道工程专业人才培养体

系仍存在滞后性:传统《安全工程》课程以理论讲授为主,缺乏对数智化工具的应用训练;学生难以适应铁路工程智能化、协同化、数据化的管理需求。因此,推动《安全工程》课程数智化转型,既是响应国家教育科技人才一体化改革的战略要求,也是破解铁路行业安全风险防控难题的关键举措。

## 2 铁道工程专业《安全工程》课程数智化转型路径

### 2.1 传统教学模式与数智化教学模式对比

#### 2.1.1 课程目标差异

①传统教学模式。以“知识传授”为核心,强调学生对安全工程基础理论(如事故致因理论、安全法规)的记忆与理解,目标侧重于通过考试或标准化测试验证知识掌握

【课题项目】西南交通大学希望学院2024年校级质量工程项目(项目编号:2024035)。

【作者简介】曾宇茜(1996-),女,中国四川简阳人,硕士,从事BIM技术、安全工程研究。

程度。

②数智化教学模式。以“能力培养”为导向，聚焦学生“数智化工具应用能力”与“工程问题解决能力”的双重提升。例如，学生需掌握 BIM 建模、传感器数据采集与分析、AI 隐患识别等技能，目标直指铁路工程实际安全风险管控需求。

### 2.1.2 课程内容差异

①传统教学模式。内容以静态知识为主，如事故案例分析、安全检查表编制等，缺乏对新兴技术（如物联网、大数据）的覆盖，与铁路行业智能化发展趋势脱节。

②数智化教学模式。内容动态更新，融入“BIM 协同管理”“大数据驱动的安全预警”“AI 辅助决策”等模块。例如，学生通过 BIM 技术模拟隧道施工安全风险，或利用 Python 分析铁路桥梁监测数据，实现理论与实践的深度融合。

### 2.1.3 教学方法差异

①传统教学模式。以“教师讲授+PPT 演示”为主，学生被动接受知识，实践环节多为模拟演练或实验室操作，难以还原真实铁路工程场景的复杂性。

②数智化教学模式。采用“项目驱动+虚实结合”教学法。例如，学生基于真实铁路工程项目（如高铁隧道施工），通过 BIM 平台完成安全协同设计，或利用 VR 技术模拟突发事件应急响应，提升工程实践能力。

### 2.1.4 教学评价差异

①传统教学模式。以终结性评价为主，侧重理论考核，忽视学生实践技能与创新思维的培养。

②数智化教学模式。构建“过程性评价+终结性评价”的多元评价体系。过程性评价涵盖课程设计（如 BIM 模型质量）、实验报告（如数据分析准确性）、企业实践答辩（如安全隐患整改方案可行性），终结性评价结合理论测试与数智化工具操作考核。

### 2.1.5 教学资源差异

①传统教学模式。资源以教材、课件、实验室设备为主，更新周期长，难以反映铁路行业最新技术动态。

②数智化教学模式。整合“校企双资源库”，包括企业真实项目数据（如铁路桥梁监测数据集）、开源数智化工具（如 Revit、Python 库）、虚拟仿真平台（如铁路施工安全 VR 系统），形成动态更新的教学资源体系。

## 3 铁道工程专业《安全工程》课程数智化转型路径

### 3.1 教学计划改革：构建“理论—技术—实践”三位一体课程体系

#### 3.1.1 安全工程基础理论模块

该模块的目标是夯实学生安全工程学科基础，理解风险形成机理与管控逻辑，为后续技术工具应用与实践提供理论支撑。

该模块的核心课程是风险辨识与事故致因理论，其内容包括经典事故致因理论（如海因里希法则、能量意外释放理论）的原理与应用；铁路工程典型风险辨识方法（如 HAZOP、FMEA）；基于案例的铁路事故分析（如隧道坍塌、列车脱轨）。本模块的教学方法包括理论讲授、小组研讨、企业专家讲座。理论讲授主要是结合铁路事故报告，解析事故链与致因因素；小组研讨通过学生分组分析某铁路事故案例，提出风险管控措施；企业专家讲座通过邀请铁路安全工程师分享实际风险辨识经验。

#### 3.1.2 数智化工具应用模块

该模块的目标是掌握 BIM、物联网、大数据、AI 等工具在铁路工程安全中的应用，培养技术驱动的问题解决能力。

该模块的核心课程是 BIM 技术与应用，其内容包括 Revit 建模、Navisworks 协同、BIM+ 安全。通过 Revit 建立铁路桥梁、隧道、车站的三维模型；通过 Navisworks 进行多专业模型碰撞检测与安全冲突分析；通过 BIM+ 安全，进行基于 BIM 的施工安全风险动态评估。本模块的教学方法主要是软件实操与企业项目导入。软件实操要求学生完成某高铁桥梁 BIM 建模，并模拟施工阶段安全风险；企业项目导入通过引入中铁设计院真实 BIM 项目，学生参与安全协同设计。

#### 3.1.3 工程实践模块

该模块的目标是通过真实项目还原与虚拟仿真，强化学生解决复杂工程问题的能力，实现“理论—技术—实践”闭环。

该模块的核心课程是铁路工程安全虚拟仿真实践，其主要内容是 VR 技术应用，通过模拟铁路轨道施工安全风险，学生通过 VR 设备调整参数；通过仿真演练的方式，学生在 VR 环境中完成突发事件应急响应。

此外，还可以通过校企联合毕业设计，如利用企业真实项目，完成某铁路项目的 BIM 安全协同设计；通过高校教师与企业工程师联合指导，确保毕业设计成果符合工程规范。

## 3.2 课程标准改革：制定数智化能力评价标准

### 3.2.1 数智化工具应用能力

学生需掌握 BIM、物联网、大数据与 AI 等工具的核心技术，能够独立完成铁路工程安全分析、监测系统开发与模型构建任务<sup>[6]</sup>。

核心标准及要求：如使用 BIM 技术完成铁路桥梁的安全分析，学生需要掌握 Revit、Navisworks 等软件的操作，完成铁路桥梁三维建模与安全冲突检测；基于 BIM 模型进行施工阶段安全风险动态评估（如临时支撑稳定性、吊装作业碰撞风险）。

评价方式：

①建模成果：提交符合《铁路 BIM 实施标准》的桥梁

BIM 模型，模型需包含安全标准与冲突报告；

②风险分析报告：基于模型输出施工阶段的安全风险清单，并提出管控措施。

### 3.2.2 工程问题解决能力

学生需能够将数智化技术应用于铁路工程实际场景，解决复杂的安全问题，并验证解决方案的工程可行性<sup>[7]</sup>。

核心标准及要求：针对铁路工程安全场景设计数智化解决方案，学生需要识别铁路工程中的典型安全问题（如隧道施工坍塌、接触网异物入侵等）；此外，还需结合 BIM、物联网、AI 等技术设计解决方案，并验证其技术可行性与经济性。

评价方式：

①方案报告：提交包含技术路线、工具选型、成本估算的解决方案文档；

②仿真验证：通过虚拟仿真平台系统验证系统效果。

### 3.2.3 协同创新能力

学生需在团队中完成跨学科任务，具备技术沟通、角色分工与成果整合能力，推动数智化技术在铁路工程中的创新应用。

核心标准及要求：在团队中协作完成智能建造系统的部署与调试，学生需要根据任务需求分配角色（如 BIM 工程师、物联网工程师、数据分析师）；完成智能建造系统的硬件部署（传感器安装）、软件配置（如数据采集平台）与联调测试。

评价方式：

①团队协作记录：提交角色分工表、周会纪要与问题解决日志；

②系统演示：系统功能演示视频、用户手册与运维指南。

## 3.3 课程内容改革：引入典型工程案例

### 3.3.1 案例一：某高铁隧道施工中的 BIM 协同管理实践

①案例背景：该案例的工程场景是某高铁隧道全长 8.2 公里，穿越复杂地质条件（如岩溶、断层），涉及土建、机电、通风等多专业协同施工。该案例的核心问题是传统二维图纸管理导致专业冲突频发（如隧道衬砌与机电管线碰撞），施工进度滞后 15%。解决方案：引入 BIM 协同管理平台，实现多专业模型整合与施工风险动态预警。

②教学目标：掌握 BIM 协同管理平台的操作流程；理解多专业模型冲突检测与安全风险评估方法；学会基于 BIM 的施工进度模拟与资源优化。

③教学内容与实施

阶段 1：BIM 模型构建与整合。学生分组完成隧道土建、机电、通风专业的 Revit 建模，并通过 Navisworks 整合模型；开展碰撞检测，识别并解决机电管线与衬砌结构的冲突（如电缆桥架与拱架干涉）。

阶段 2：施工风险动态评估。基于 BIM 模型标注高危

险区域（如断层破碎带），结合施工进度计划生成风险热力图；模拟突发事件（如火灾）的应急响应流程，优化逃生通道设计。

阶段 3：协同管理平台应用。在 BIM 协同管理平台中上传模型、进度计划与安全检查记录，实现多方实时协作。

④成果输出。提交整合后的隧道 BIM 模型（含冲突检测报告与风险热力图）；撰写 BIM 协同管理实施总结报告，包含流程优化建议。

### 3.3.2 案例二：基于大数据的铁路路基沉降监测系统

①案例背景：该案例的工程场景是某重载铁路路基位于软土地基，运营后沉降速率超限（年均沉降）50mm，威胁行车安全。该案例的核心问题是传统人工监测方式数据频次低（每月 1 次），无法实时预警沉降风险。解决方案：部署物联网传感器网络，结合大数据分析实现路基沉降实时监测与预警。

②教学目标：掌握传感器选型与部署方案（如水准仪、GNSS）；学会使用 Python 进行数据清洗、特征工程与异常检测；理解基于大数据的沉降预测模型构建方法（如 LSTM 神经网络）。

③教学内容与实施

阶段 1：传感器网络部署。学生根据路基地质条件设计传感器布设方案，通过硬件实验平台模拟传感器数据采集。

阶段 2：数据处理与分析。使用 Python 对采集的沉降数据进行整理。

阶段 3：系统开发与预警。开发基于 Flask 的沉降监测 Web 平台，实时显示沉降数据与预警信息；模拟路基突发性沉降事件，验证预警阈值（如累计沉降）80mm 时触发红色预警）。

④成果输出。提交传感器布设方案与数据集（含原始数据与整理后数据）；提交沉降预测模型代码与系统演示视频，展示预警响应流程。

## 4 结论

本研究通过在《安全工程》课程中引入数智化技术（BIM、大数据、人工智能等），验证了其在铁道工程安全领域的教学效能与工程应用价值，主要结论如下：

### 4.1 数智化技术显著提升教学效果

知识掌握层面：学生在 BIM 建模、物联网传感器部署、Python 数据分析等核心知识点的掌握程度较好，实验操作中表现出更高的准确性与效率；

实践能力层面：学生在课程设计中展现出更强的综合应用能力，能够结合 BIM、物联网与数据分析技术提出创新性解决方案，且方案的技术可行性获企业高度认可；

满意度层面：学生对课程内容实用性、工具操作熟练

度及团队协作效率的满意度显著提升，普遍认为课程内容与铁路智能化发展趋势紧密结合。

#### 4.2 BIM+ 大数据 +AI 协同管理模式具有工程价值

**安全监测与预警：**基于 BIM 的碰撞检测技术可提前发现设计冲突，减少施工阶段的返工成本；物联网传感器与数据分析模型的结合，实现了对铁路工程风险的实时监测与精准预警；

**管理效率提升：**数智化协同管理模式通过数据共享与流程优化，显著提高了安全巡检、设备维护等工作的效率，缩短了决策响应时间；

**决策支持能力：**大数据分析 with 人工智能算法为铁路工程安全管理提供了数据驱动的决策支持，帮助管理者识别潜在风险并制定针对性措施。

#### 4.3 数智化教学模式匹配行业需求

**能力匹配：**学生毕业后能够快速适应铁路行业智能化岗位需求，具备独立完成 BIM 协同管理、智能监测系统部署等任务的能力；**企业认可：**企业反馈显示，数智化教学模

式培养的学生在工程实践中表现出更强的技术敏感性与创新能力，有效缩短了岗位适应周期；**行业贡献：**数智化教学模式为铁路行业输送了既懂工程技术又掌握数字化工具的复合型人才，助力行业智能化转型。

#### 参考文献

- [1] 孔莞.高铁工程质量数字化管理关键要素辨识研究[D].山东大学, 2023.
- [2] 刘裕龙,张静晓,李璐均等.以数字化企业信用管理促进地方铁路工程高质量发展[J].中国铁路, 2023.
- [3] 梁庆福.数字工程推进铁路工程建设数字化转型研究[J].铁路技术创新, 2022.
- [4] Smith, J. & Brown, L. (2020). Integrating AI and BIM for Construction Safety Management: A Case Study of High-Speed Rail Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(8).
- [5] 向建华.铁路四电工程安全质量管理信息化建设[J].综合运输, 2021.